

Adaptationszeitmessungen am Geruchssinn bei Rauchern

von
Ekkehart Otto
aus
München

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Hals-Nasen-Ohren-Klinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Professor Dr. med. G. Theissing

Adaptationszeitmessungen am Geruchssinn bei Rauchern

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt

von

Ekkehart Otto

aus

München

Gedruckt mit der Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr. A. Kröncke
Referent: Privat Dozent Dr. G. Kittel
Koreferent: Professor Dr. G. Theissing

Tag der mündlichen Prüfung: 20.8.1968

I N H A L T S Ü B E R S I C H T

=====

	Seite
I. Einleitung	1
II. Der Geruchssinn des Menschen	2
1. Seine Leistungen	2
2. Anatomische Eigenarten	2
3. Die Strömungsverhältnisse in der Nasenhöhle	3
4. Die Geruchswahrnehmung und ihre Bewertung	5
III. Die Adaptation des Geruchssinns	8
1. Adaptation und Ermüdung - zentrale und periphere Adaptation	8
2. Faktoren, die die Adaptation beeinflussen	10
IV. Das Olfaktometer	12
1. Grundeigenschaften eines Olfaktometers	12
2. Beschreibung des Gerätes	13
V. Messung von Riechschwelle und Adaptationszeit	18
1. Auswahl der Versuchspersonen und ihre Einteilung	18
2. Ablauf der Untersuchungen	19
a. Bestimmung der individuellen Riechschwelle	19
b. Bestimmung der Adaptationszeit	21
VI. Untersuchungsergebnisse	23
1. Die wirksamen Stoffe im Tabakrauch	23
2. Die Riechschwellenveränderung	24
3. Die Adaptationszeit	25
VII. Zusammenfassung	28
Literaturverzeichnis	29
Lebenslauf	

I. EINLEITUNG

=====

Von allen Sinnesorganen des Menschen ist bislang dem Geruchssinn die geringste Bedeutung beigemessen worden und entsprechend geringen Umfang hatten auch die diesbezüglichen Forschungen bis vor nicht langer Zeit. Doch gerade im heutigen Lebensraum des Menschen spielt dieser Sinn wieder eine bedeutendere Rolle, da Reize und Störungen, die von außen auf den Geruchssinn einwirken, durch Industrialisierung und fortschreitende Technisierung in starkem Maße gesteigert werden.

Die Eigenarten und Fähigkeiten des Geruchssinns erarbeiteten u.a. ZWAARDEMAKER, HENNING und PASSY. Spezielle Untersuchungen über die Veränderung der Empfindlichkeit des Geruchssinns bei Rauchern wurden von BOTTAZZI und MIANI vor einigen Jahren durchgeführt.

Neben vielen Reizeinwirkungen des täglichen Lebens auf das menschliche Geruchsorgan spielt der chronische Nikotingenuß heute eine nicht unbedeutende Rolle hinsichtlich der dadurch hervorgerufenen Sensibilitätsveränderungen dieses Sinnesorganes.

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, inwieweit die chronische Reizung des Riechorganes durch das Rauchen einen Einfluß auf dessen Empfindlichkeit hat. Das Hauptaugenmerk ist dabei auf die Veränderungen hinsichtlich der Adaptationsfähigkeit an einen bestimmten Reiz gerichtet.

II. DER GERUCHSSINN DES MENSCHEN

1. Seine Leistungen

Der Geruchssinn des Menschen ist, obwohl 1 - 100 Millionen mal schwächer als der des makrosmatischen Hundes (22), in seiner Empfindlichkeit und Analysefähigkeit auch heute noch der modernen Labortechnik weit überlegen. BEHNKE (3) nennt diese Fähigkeit "phänomenal" und es ist nachgewiesen, daß die menschliche Nase ein 23-millionstel Milligramm eines Merkaptans noch wahrnehmen kann (7).

STUIVER errechnete, daß beim Menschen nur etwa 40 der rund 10 Millionen Riechzellen der regio olfactoria erregt werden müssen, um eine Sinnesempfindung auszulösen. Aus dieser Leistungsfähigkeit läßt sich leicht erkennen, daß der Geruchssinn nicht ohne Bedeutung für das menschliche Leben sein kann.

Diese Erkenntnis existiert aber noch nicht allzu lange, denn sonst wäre es nicht erklärlich, daß das Wissen um Vorgänge an Auge und Ohr schon wesentlich älter ist, als wir dies bei der Nase finden. Das mag zum Teil mit an den anatomischen Besonderheiten des Geruchsorgans und den damit verbundenen experimentellen Schwierigkeiten liegen.

2. Anatomische Eigenarten

Der Geruchssinn ist das einzige Sinnesorgan ohne genaue anatomische Abgrenzung. Dem freien Blick entzogen, befinden sich am Dach beider Nasenhöhlen zwei 2,3 Quadratzentimeter große, bräunlich pigmentierte Felder, die regio olfactoria, mit je etwa 10 Millionen Riechzellen. Diese Riechzellen sind Ganglienzellen und Sinneszellen zugleich, denn hier entspringt die erste zentripetale Nervenfaser direkt aus der Nervenzelle. Beim Auge finden wir diese Verhältnisse an den Stäbchen; sonst aber bei keinem anderen Sinnesorgan.

Die zentripetalen Fasern ziehen als fila olfactoria durch die lamina cribrosa zum bulbus olfactorius und bilden hier die glomeruli olfactorii. An den Fibrillen aller Riechzellen sitzen feine Büschel von Flimmerhärchen, die in ihrer Eigenschaft als Rezeptoren die Signale der Geruchsempfindung zum bulbus olfactorius senden. Diese Riechhärchen nehmen den weitaus größeren Teil der Nervenfibrillen ein. Die zweite, weniger häufige Art von Fibrillen sind die Enden des nervus trigeminus, die auf ganz spezielle Moleküle und Reize ansprechen.

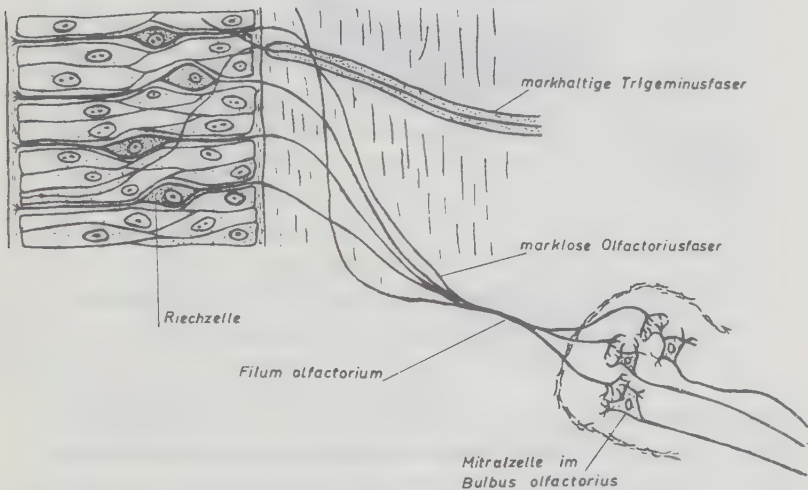


Abb. 1: Halbschematische Darstellung des ersten Riechneurons
(Gezeichnet nach Abbildungen bei AMOORE (2) und ENDRESS (10))

3. Die Strömungsverhältnisse in der Nasenhöhle

Ein nicht unbedeutender, ja sogar entscheidender Faktor der Geruchswahrnehmung sind die Strömungsverhältnisse in der Nase. Die früher herrschende Ansicht, daß die Luft nur durch den unteren Teil der Nase, die regio respiratoria,

ströme, konnte MASING (18) in Versuchen am Nasenmodell widerlegen. Es wurde nachgewiesen, daß sowohl in der inspiratorischen Phase als auch in der expiratorischen Phase an allen Punkten im Naseninnern, also auch an der regio olfactoria, Strömung herrscht.



Abb. 2: Schematische Darstellung des Strömungsverlaufes in der Nase
(Nach einer Abbildung bei MASING (18)).

Das vestibulum nasi hat die Aufgabe, die eingeatmete Luft zu verwirbeln und damit die Berührung mit der Nasenoberfläche zu erhöhen. Das ostium internum, die engste Stelle der Nase, dirigiert den Luftstrom aufwärts, so daß ein großer Anteil die regio olfactoria erreicht. Im Stromfadenversuch zeigt sich, daß die Turbulenz zwischen den Muscheln zu einem gewissen Prozentsatz wieder geordnet und beruhigt wird und daß der wesentliche Teil der Atemluft bogenförmig durch die Nase streicht. Die gesamte Nasenhöhle ist also "in spezifischer Art an der Strömung beteiligt".

4. Die Geruchswahrnehmung und ihre Bewertung

Über den Vorgang der Geruchswahrnehmung wurden schon mehrere Theorien entwickelt, von denen jedoch keine bisher in ihrer Richtigkeit vollständig bewiesen ist. Einzig die Tatsache, daß es sich beim Geruchssinn um einen chemischen Sinn handelt, dürfte heute feststehen.

Zweitausend Jahre ist es her, seit der Dichter LUKRETIUS zum ersten Mal davon sprach, daß ein jeder Geruchsstoff "Moleküle" abgäbe, die mit speziellen Formen in entsprechende Poren des Sinnesepithels paßten und so die charakteristischen Empfindungen auslösten (4). MONCRIEFF (21) stellt 1949 fest, das olfaktorische System müsse aus einer bestimmten Anzahl von Rezeptoren bestehen, denen entsprechende Gerüche nach dem "Schlüssel und Schloß" - System zugeordnet seien, so wie auch die Antigen-Antikörper-Reaktion erklärt wird. In ihren umfangreichen Untersuchungen konnten dann AMOORE und seine Mitarbeiter experimentell beweisen, daß diese "stereochemische Theorie des Geruchs" tatsächlich ihre Berechtigung hat (2). Es wurden sieben "Primärgerüche" gefunden, die etwa den primären Farben Rot, Grün und Blau gleichzusetzen sind. Es war möglich, durch Mischen der Primärgerüche alle bekannten Geruchsarten herzustellen.

Die Beweisführung für die Annahme, daß die Rezeptorstellen spezifische Formen aufweisen, in die die Molekülformen der Primärgerüche passen, gelang durch synthetisch hergestellte, sehr ähnliche Molekülformen, die nun die zu erwartende gleiche Geruchsempfindung auslösten, wie der Primärgeruch. Für die ersten fünf der Primärgerüche, für K a m p f e r, M o s c h u s, b l u m i g, m i n z i g und ä t h e r i s c h, traf dies immer zu. Stechende und faulige Gerüche aber machen eine Ausnahme. Ihre Molekülformen sind so unterschiedlich in Größe und Gestalt, daß sie sich in dieses Schema nicht einbeziehen lassen.

Wahrscheinlich ist hier die elektrische Ladung der Moleküle entscheidend für eine Geruchswahrnehmung.

Zu klären ist noch die Theorie, daß es sich bei der Geruchsempfindung um Umwandlungsprozesse eines "Mikrolabors" handeln könne, wobei mit noch unbekannten chemischen Substanzen Potentiale gebildet würden, die dann durch charakteristische Potentialdifferenzen zu Geruchswahrnehmungen führen würden.

Eine weitere Schwierigkeit in der Beurteilung des Geruchssinns bedeutet der Umstand, daß der "adaequate Reiz", so wie er für das Auge beispielsweise qualitativ und quantitativ mit Wellenlänge und Lumen schon lange charakterisiert ist, für das Sinnesorgan Nase noch nicht in genauer Definition festliegt. Wir wissen lediglich, daß dieser Reiz chemischer Natur ist. Es lassen sich zwar "Intensitätsschwellen" für einzelne Gerüche festlegen, aber die Aufstellung einer Intensitätsschwellenkurve ist noch nicht möglich, da für die vielen verschiedenen Gerüche noch kein qualitativer Zusammenhang gefunden wurde.

Bei der Untersuchung der Intensitätsschwellen fand PASSY eine andere Eigenschaft des Geruchssinnes, daß nämlich bei allmählicher Reizsteigerung die Versuchsperson zuerst einen nicht näher bestimmbaren Geruch wahrnimmt und erst bei weiterer Reizerhöhung diesen Geruch dann auch definieren kann.

Diese Erscheinung führte zur Einteilung der Intensitätsschwelle in zwei Stufen:

Einmal die "Reizschwelle" ZWAARDEMAKER's oder die "Empfindungsschwelle" (13), also die Intensität der ersten Geruchsempfindung überhaupt, auch "minimum simple" (25).

Zum anderen die "Erkennungsschwelle" oder "Wahrnehmungsschwelle" (13) als die Reizintensität, die eine charakteristische Wahrnehmung zuläßt, auch "minimum qualitativ".

Wenn heute von der "Geruchsschwelle" die Rede ist, so ist damit immer die Erkennungsschwelle gemeint, denn die Angabe von Empfindungsschwellen ist zu problematisch und wenig sinnvoll.

Alle bisher erkannten Eigenschaften entbehren noch so lange jeder festen Grundlage, so lange sie nicht "qualitativ und quantitativ in Beziehung gebracht werden können zur kontrollierten Verabreichung eines adaequaten Reizes" (10). Das Fehlen eindeutiger sprachlicher Ausdrücke für die Geruchswahrnehmung ist ein weiterer Mangel bei der experimentellen Erforschung des Geruchssinns. Bezeichnungen wie blumig, kampferartig, u.s.w., wie sie die Primärgerüche AMOORE's haben, sagen im Grunde genommen nicht viel über die Eigenschaften der verschiedenen Geruchsempfindungen aus.

III. DIE ADAPTATION DES =====

GERUCHSSINNS =====

1. Adaptation und "Ermüdung" - zentrale und periphere Adaptation

Unter dem Begriff Adaptation versteht man allgemein die Empfindlichkeitsveränderung eines Sinnesorgans gegenüber einer überschwelligen Reizintensität. Das Phänomen der Adaptation finden wir bei allen menschlichen Sinnesorganen.

Wird ein Organ einem dauernden, unveränderten Reiz ausgesetzt, so vermindert sich dessen Sensibilität während einer gewissen Zeitdauer und nimmt dann wieder einen konstanten Wert ein. Nach Beendigung der Reizeinwirkung bildet sich die alte Empfindlichkeit allmählich wieder zurück. Die Erscheinung kennt man unter dem Begriff Readaptation. Am Auge hat RANKE als erster diese Vorgänge voll erkannt und beschrieben und sie "Helladaptation" und "Dunkeladaptation" genannt. Auch beim Gehör kennen wir die Adaptationserscheinungen. Aber im Gegensatz zu diesem und zum Auge, wo immer - auch nach größtmöglicher Anpassung - noch eine gewisse Empfindlichkeit erhalten bleibt, geht die Adaptation des Geruchssinns bis zum völligen Verschwinden einer Geruchswahrnehmung. Dies ist ein Vorgang, den wir täglich beobachten können, wenn wir einen Raum mit stark riechender Luft betreten. Der anfänglich störende oder sogar unangenehme Eindruck verschwindet bald vollkommen - unsere Nase ist adaptiert. Aus diesem Grund blieb der Begriff "Ermüdung" oder "fatigue" beim Geruchssinn länger als bei den anderen Sinnesorganen erhalten und wurde mit der Adaptation verwechselt.

Es ist heute aber erwiesen, das auch beim Geruchssinn eine echte Adaptation möglich ist, das heißt, daß eine

Anpassung an einen dargebotenen Reiz erfolgt unter gleichzeitiger Erhaltung der Informationsbreite des Organs. Im Gegensatz dazu beruht die "Ermüdung" des Sinnesorgans auf einem Verlust an Erregbarkeit, einer Leistungsverminderung auf der Grundlage verlangsamter Umwandlungsprozesse, die wiederum verlangsamte Aktionen hervorbringen.

Die Adaptation von der Ermüdung genau zu trennen, stößt jedoch beim Geruchssinn heute noch auf große Schwierigkeiten. Hier wird man nur elektrophysiologisch weitere Erkenntnisse gewinnen können.

Erste Untersuchungen über die Adaptationsvorgänge des Geruchssinns wurden von ADRIAN (1) am Kaninchen durchgeführt, der elektrophysiologisch eine Adaptation im bulbus olfactorius nachweisen konnte. Am Frosch wurde experimentell die "periphere Adaptation" der Sinneszelle, die RANKE 1953 vermutete, dargestellt (23). Diese Adaptation kann nicht einfach auf einer maximalen Sättigung der Riechzellen beruhen, denn sofort nach dem Verschwinden der Geruchswahrnehmung durch Adaptation kann wieder eine Empfindung hervorgerufen werden, indem ein über der Adaptationskonzentration liegender Reiz appliziert wird (29, 8, 12).

Neben diesen Adaptationserscheinungen an der Peripherie beschrieb HENNING (12) auch noch andere "zentral bedingte Faktoren", die für den von ihm "Ermüdung" genannten Vorgang verantwortlich gemacht werden müssen. "Geistige Ermüdung unterbindet das zentrale Entgegenkommen", so daß die Assoziationen schwächer werden und "Reproduktionen verlangsamt werden". Auch er stellte fest, daß die "Ermüdung" durch starke Reizung wieder aufgehoben werden kann.

Vom Gehör wissen wir, daß zur vollständigen Adaptation "alle Hörbahnstationen beitragen" (16) und können danach vermuten, daß sich auch beim Geruchssinn in den Synapsen "Zusatzadaptationsvorgänge" abspielen. Ebenso ist eine

Adaptation in den "Endstationen" der Sinnesbahnen, also in den entsprechenden Gehirnzentren, möglich.

2. Faktoren, die die Adaptation beeinflussen

Eine Einflußnahme auf die Adaptationszeit und auf die Riechschwelle können auch die gewählten Duftstoffe haben. Wir kennen Geruchsstoffe, die stechende oder brennende Eindrücke vermitteln. Es handelt sich dabei um eine zusätzliche Reizung des nervus trigeminus. ELSBERG (9) untersuchte eine Reihe von Stoffen und fand, daß fast alle eine "Trigeminus Sensation" hervorrufen, wenn hohe Konzentrationen verwendet werden. Die Unterscheidung zwischen "reinen" Duftstoffen und solchen, die den nervus trigeminus reizen oder mitreizen, scheint nicht absolut möglich, denn nach Ausschaltung des nervus trigeminus fand sich auch für "reine" Riechstoffe eine herabgesetzte Geruchsempfindlichkeit. Die Reizung des nervus trigeminus zusammen mit einer Duftstoffapplikation bewirkt eine Schwellenverschiebung für diese Duftstoffe und damit auch eine wesentlich verlängerte Adaptationszeit.

Ein reiner Riechstoff darf nur Aktionspotentiale in den Olfactoriusfasern ergeben, was festzustellen aber nur elektrophysiologisch möglich ist.

Eine Trigeminusreizung kann auch zustande kommen, wenn größere Luftmengen dauernd in die Nase eingeblasen werden, wie dies bei der Injektionsmethode der Fall ist. Mit freier Atmung ist bei Riechstoffkonzentrationen, die bei der Injektionsmethode bereits nach kurzer Zeit den nervus trigeminus reizen, diese Reizerscheinung auch nach längerer Zeitdauer noch nicht zu erkennen. STUIVER (29) empfand auch mit "reiner" Luft bei einer großen Injektionsmenge nach einiger Zeit ein Brennen und Stechen, welches er mit der durch den Luftstrom hervorgerufenen Austrocknung der Schleimhaut begründete und das beträchtliche Schwellenanstiege bewirkte. Die Adaptationszeit an diesen "Trigeminusreiz" ist etwa doppelt so lang wie die Zeit,

die bis zum Verlöschen der Geruchsempfindung benötigt wird. Es empfiehlt sich daher für die Adaptationszeitmessungen die Methode der freien Atmung, die auch in psychologischer Hinsicht vorteilhafter ist, da ja die Versuchsperson nicht an den Ablauf der Untersuchungen gewöhnt ist. Die bei der freien Atmung möglichen Fehler durch zwischenzeitliche Readaptation und Änderung des Luftstromes und Luftvolumens bei den einzelnen Atemzügen sind so geringfügig, daß sie durchaus vernachlässigt werden können, da sie sich während des Versuchsablaufes zum größten Teil kompensieren.

Übung und Gewöhnung der Versuchsperson sind weitere Faktoren, die Einfluß auf die Adaptationszeit haben (12). Eine geübte, mit dem Versuchsablauf vertraute Versuchsperson wird in ihren Angaben und Differenzierungen wesentlich genauere Ergebnisse liefern als eine Versuchsperson, die zum ersten Mal mit der Materie in Berührung kommt. Es ist beispielsweise für einen Ungeübten oft schwer, zu entscheiden, ob er noch eine Geruchswahrnehmung hat oder ob es sich nur noch um eine Reizung des nervus trigeminus handelt. Streuungen in den Ergebnissen der Adaptationszeitmessungen müssen zum Teil mit dieser Erscheinung erklärt werden.

Bei der Gegenüberstellung von Ergebnissen sind diese Gesichtspunkte immer in Betracht zu ziehen. Aus diesem Grund wurden daher vergleichende Untersuchungen ohne Angaben von absoluten Werten durchgeführt.

IV. D A S O L F A K T O M E T E R

=====

1. Grundeigenschaften eines Olfaktometers

Das für die Adaptationszeitmessungen und Riechschwellenbestimmungen verwendete Gerät geht auf das Prinzip des von STUIVER (29) entwickelten Apparates zurück, denn dieser Typ des Olfaktometers erfüllt derzeit weitgehend die Forderungen, die an ein derartiges Gerät gestellt werden müssen, ohne einen allzugroßen technischen und materiellen Aufwand zu erfordern.

Die wichtigsten Eigenschaften eines solchen Olfaktometers sollen kurz genannt werden:

- a. Die Apparatur soll möglichst frei von Eigengeruch sein.
- b. Die Duftstoffkonzentrationen sollen in kurzen Zeitabständen geändert werden können.
- c. Druck, Temperatur, Volumen und Feuchtigkeit des Duftstoffgemisches sollen unabhängig voneinander regelbar sein.
- d. Die Flächen, mit denen der Riechstoff in Berührung kommt, sollen möglichst klein gehalten werden, um eine geringe Adsorption von Riechstoffmolekülen zu gewährleisten.

Das Prinzip des Gerätes beruht auf einer Mischung "reiner Luft" mit einem mit Duftmolekülen angereicherten Luftstrom. Die ganze Apparatur wurde aus feinen Glasröhrchen hergestellt, um eine mögliche Adsorption des Riechstoffes an die Innenwand des Gerätes weitgehend auszuschließen. Bei der Berechnung der Riechstoffkonzentration liegt das von HOFMANN und KOHLRAUSCH eingeführte Prinzip der Dampfsättigung zu Grunde (14).

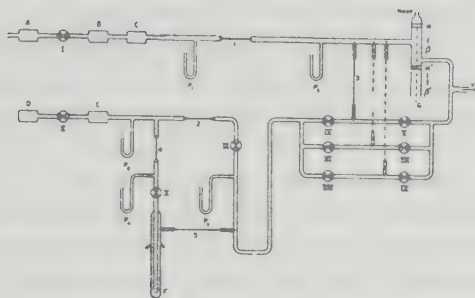


Abb. 3: Schematische Darstellung des Olfaktometers (STUIVER (29))

Kapillaren 1-5, Hähne I-IX, Monometer P1-P5, A: Kompressor, B: Waschanlage, C: Kühl- und Heizschlange, D: Stickstoffflasche, E: Filter, F: Verdampfungsgefäß, G: Injektionsapparat, VS: Ventilationssystem.

2. Beschreibung des Gerätes

Zum besseren Verständnis wird das Olfaktometer in drei "Linien" unterteilt, die in Abb. 3 von oben nach unten als "erste", "zweite" und "dritte" Linie bezeichnet werden sollen. Jede dieser Linien enthält geeichte Kapillaren 1, 2, 3, 4 und 5 mit angeschlossenen Manometern zur Bestimmung der jeweiligen Durchflußmenge. Für jeden herrschenden Druck ist aus den entsprechenden Eichungskurven das dazugehörige Durchflußvolumen pro Sekunde zu ersehen.

Die "erste" Linie führt "reine" Luft, d.h. Luft aus der Umgebung des Versuchsraumes oder aus dem Raum selbst, die mit einem Rotationsverdichter in Umlauf gebracht wird. Nach Reinigung des Filters mit Äther arbeitet die verwendete Trockenläuferpumpe nahezu geruchslos. Da kein Schmiermittel verwendet wird, erübrigt sich die bei STUIVER (29) angegebene Reinigung der Pumpe nach einer gewissen Laufzeit; nur das Einlaßfilter muß des öfteren gereinigt werden.

Zusätzlich wird die Luft noch in destilliertem Wasser "gewaschen". Andere Methoden der Reinigung der Luft scheiden aus, da entweder zu hohe Kosten entstehen, wie dies bei flüssiger Luft der Fall ist, oder aber die Reinigungsmittel selbst wieder einen Geruch abgeben. Dies ist der Fall beim Cottrel-Apparat oder auch bei Aktivkohle und Silicagel (11). Die gewaschene und mit Wasserdampf gesättigte Luft wird durch eine Kühlschlange mit $\pm 0^{\circ}$ Celsius weitergeleitet und anschließend auf eine konstante Temperatur von $+17^{\circ}$ Celsius gebracht. So erhält man eine konstante Luftfeuchtigkeit von 32%.

Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt des Duftstoffgemisches beeinflussen die Empfindlichkeit des Riechorgans in nicht unerheblichem Maß. So liegt zum Beispiel die Riechschwelle bei trockener Nasenschleimhaut ganz wesentlich über den Werten, die bei normaler Feuchtigkeit der Schleimhaut gemessen werden (4, 26).

In einer durch UV-Bestrahlung weitgehend geruchsfreien "camera inodorata" (ZWAARDEMAKER) liegen die Schwellenwerte für viele Riechstoffe bis zu 25% unter den Werten, die bei Bestimmungen in normaler Luft gefunden werden. Aber ohne erheblichen materiellen und finanzieller Aufwand wird es nicht gelingen, "reine", also völlig geruchsfreie, Luft zu erhalten. Auch die Luft, die die Versuchsperson während der Versuchspausen atmet, ist nicht ganz frei von Duftstoffen; jede Versuchsperson hat z.B. eine gewisse "Ausdünstung" und bringt so schon von sich aus wieder "Verunreinigungen" in die Luft. Der Begriff "reine Luft" ist also immer so zu verstehen, daß die Luft weitgehend von allen möglichen Beimischungen freigehalten wird. Dies fällt jedoch bei Untersuchungen vergleichender Art nicht sehr ins Gewicht, da die Versuchsbedingungen immer gleich sind.

Die "zweite" Linie führt keine Luft, sondern Stickstoff, um einer möglichen Oxydation der Riechsubstanz vorzubeugen. Der geruchlose, aus einer Industrieflasche

bezogene, Stickstoff wird durch Adsorption an Aktivkohle und Silicagel und anschließend durch Kondensation mit flüssiger Luft gereinigt. (Bei den geringen Durchflüssen an Stickstoff spielt hier die Kostenfrage im Gegensatz zur ersten Linie eine untergeordnete Rolle.)

Die "dritte" Linie zweigt von der zweiten ab und führt den Stickstoff durch die Riechsubstanz, die sich in einem Vorratsgefäß befindet. Ein Thermostat mit Wasserpumpenanlage hält die Temperatur im Verdampfungsgefäß in der gewünschten Höhe durch ein Wasserbad konstant.

Aus der Dampfdruckkurve des verwendeten Riechstoffes läßt sich für jede Temperatur der entsprechende Dampfdruck bestimmen. Da bei Gasgemischen der Anteil der Riechsubstanz an der Gesamtmoleküllzahl proportional zum Partialdruck der Substanz ist, sind in einem Mol des Gasgemisches

$$L \times \frac{DP}{P}$$

Riechstoffmoleküle enthalten. (L = Lohschmidt'sche Zahl = $6,025 \times 10^{23}$, DP = Dampfdruck, P = Luftdruck = 760 mmHg) In 1 ml des Riechstoffgemisches sind dann nach den Gasgesetzen

$$L \times \frac{DP}{P} \times \frac{1}{V} =$$

$$L \times \frac{DP}{P} \times \frac{P}{RT} =$$

$$L \times \frac{DP}{RT}$$

enthalten. (R = Gaskonstante, V = Volumen, T = Temperatur)

Da das Verhältnis $R : L$ konstant ist, kann mit Hilfe dieser Konstanten und des Quotienten aus Dampfdruck und absoluter Temperatur die Riechstoffkonzentration in der dritten Linie errechnet werden.

Der mit Riechstoffmolekülen gesättigte Stickstoffstrom der dritten Linie wird nun wieder mit der zweiten Linie vereint und dann über verschiedene Kapillaren (Abb.3 Kap. Nr.3) mit dem Luftstrom der ersten Linie vermischt. Die Kapillaren haben verschiedene, geeichte Durchmesser und können in rascher Folge durch Betätigung der entsprechenden Hähne durchströmt werden. Damit läßt sich ein schneller und unkomplizierter Wechsel der Riechstoffkonzentration erreichen.

Der größte Teil des gewonnenen Duftgemisches wird jedoch durch ein Ventilationssystem entfernt und nur ein kleiner Anteil wird durch eine der drei Kapillaren Nr.3 der ersten Linie zugeführt und erreicht die Versuchsperson.

Die Reizapplikation erfolgt über ein Ventilsystem, das die Möglichkeit bietet, entweder die Riechlufte für kurze Zeit der Versuchsperson zuzuführen, oder aber während der übrigen Zeit die Luft über das Ventilationssystem zu entfernen. In einem Messingzylinder sitzen in festem Abstand zwei Kolben, die gleichzeitig verschoben werden und so den Luftstrom lenken. Dies geschieht mit Hilfe eines Elektromagneten. Anstelle der von STUIVER verwendeten elektronischen Steuerung der Reizwirkungsdauer läßt sich eine konstante Applikationszeit einfacher mit Hilfe eines Relais' erreichen, wie es auch bei Röntengeräten Verwendung findet (KITTEL).

Das ganze Olfaktometer ist aus Glas mit Ausnahme des oben erwähnten Ventilzylinders und der Kolben. Sämtliche Hähne sind dicht eingeschliffen, so daß auf eventuell riechende Dichtungsmittel verzichtet werden kann.

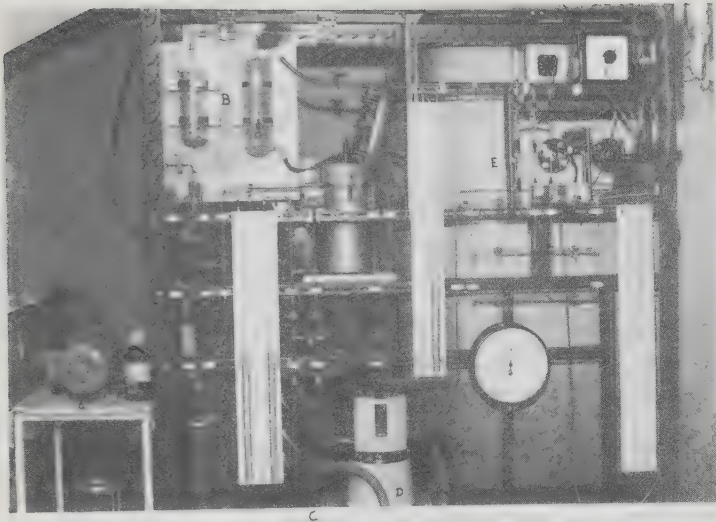


Abb. 4: Das Olfaktometer

A: Trockenläuferpumpe, B: Kühl- und Heiz-
schlange, C: Verdampfungsgefäß, D: Ther-
mostat, E: Kapillaren Nr. 3, F: Applikations-
ventil.

V. MESSUNG VON RIECHSCHWELLE

UND ADAPTATIONSZEIT

1. Auswahl der Versuchspersonen und ihre Einteilung

Die Versuchspersonen, meist Studenten, wurden in verschiedene Gruppen eingeteilt, innerhalb derer etwa der gleiche Zigarettenverbrauch pro Tag vorhanden war. Einige Zigarrenraucher wurden in die für sie ungefähr zutreffende Gruppe eingeordnet. Um einen Vergleichswert für die Ergebnisse zu erhalten, erfolgte eine Gegenüberstellung mit einer Gruppe von Nichtrauchern. Die Einstufung der Raucher geschah nach folgender Staffellung:

Gruppe 1	Nichtraucher	10 Personen
Gruppe 2	bis 10 Zig./Tag	12 Personen
Gruppe 3	bis 20 Zig./Tag	15 Personen
Gruppe 4	bis 30 Zig./Tag	12 Personen
Gruppe 5	bis 40 Zig./Tag	10 Personen
Gruppe 6	bis 50 Zig./Tag	6 Personen
insgesamt		<u>65 Personen</u>

Da die Grundbedingungen für die Adaptationszeitmessungen möglichst gleich sein sollten, wurden die Versuchspersonen fast alle aus einer Altersstufe ausgewählt, denn ebenso wie die anderen Sinnesorgane läßt auch der Geruchssinn mit zunehmendem Alter in seiner Leistungsfähigkeit nach, was sich in einem Anstieg der Riechschwelle äußert (31, 5, 15, 19) und also auch sicher eine Verschiebung der Adaptationszeit mit sich bringt.

Die Adaptationszeitmessungen wurden an 65 Personen vorgenommen, deren Geruchsorgan bei Rhinoscopia anterior keinen pathologischen Befund aufwies und die, nach eigenen Angaben, einen "normalen" Geruchssinn hatten.

2. Ablauf der Untersuchungen

a. Bestimmung der individuellen Riechschwelle

Die Versuchsperson sitzt in einem Olfaktorium (KITTEL), einer Kammer mit konstanter Innentemperatur, deren Luftgehalt durch eine Umwälzanlage in 1,5 Minuten vollständig erneuert wird. Dadurch wird eine Anreicherung der Innenluft mit Duftmolekülen vermieden und somit eine eventuell schon vorzeitig eintretende, unerwünschte Adaptation an den Riechstoff verhindert. Das Innere der Kammer ist mit geruchsfreiem Speziallack gestrichen.

Die Riechluft entströmt einer Öffnung von ca. 1,5 cm Durchmesser und trifft auf die beiden Nasenöffnungen der Versuchsperson in dem Winkel, der der günstigsten und natürlichen Strömung entspricht (Abb.5).

Der Abstand und die Haltung der Nase müssen zur Austrittsöffnung der Riechluft während der Untersuchung möglichst konstant gehalten werden, um eine gleichmäßige Riechluftverteilung zu erwirken, denn zwischen monorhinem und dirhinem Riechen bestehen gewisse Schwellenunterschiede (28, 31).

Durch aktive Mithilfe der Versuchsperson und eine entsprechende Vorrichtung läßt sich jedoch hier eine Konstanz der Werte gut erreichen.

Eine Klingelanlage und vereinbarte Signale stellen den Kontakt zwischen dem Untersuchungsobjekt und dem Untersucher her. Außerdem kann die Versuchsperson durch ein Fenster im Olfaktorium ständig beobachtet werden.

Zunächst wird die Versuchsperson mit dem reinen Untersuchungsablauf vertraut gemacht, indem ihr einige Male ein "Nullreiz", also Luft ohne beigegebenen Riechstoff, verabreicht wird. Anschließend erfolgt die Bestimmung der individuellen Riechschwelle in der Art, daß man langsam und Schritt für Schritt dem Luftstrom der ersten Linie



Abb. 5: Die Versuchsperson vor der Austritts-
öffnung der Riechlufte. Durch die Ab-
stützvorrichtung für das Kinn kann die
Haltung des Kopfes kontrolliert werden.

durch die Kapillaren Nr.3 Riechstoffmoleküle zuführt und so allmählich die Riechstoffkonzentration erreicht, bei der eine Geruchswahrnehmung festzustellen ist. Die Verabreichung eines Nullreizes zwischen den verschiedenen Konzentrationen bewirkt eine bessere Unterscheidungs-fähigkeit und dient gleichzeitig dazu, die jetzt noch nicht erwünschte Adaptation zu vermeiden.

Da die Riechschwelle natürlicherweise auch abhängig ist von der an die regio olfactoria herangetragenen Luftmenge - "ohne Atmung keine Geruchsempfindung" - soll möglichst immer die gleiche Luftmenge bei jeder Reizung die Sinneszellen erreichen. Die Geruchswahrnehmung wird durch leichtes Schnüffeln verbessert, da hierbei eine vermehrte Wirbelbildung entsteht und also auch entsprechend mehr Duftmoleküle an das Riechepithel herangetragen werden als dies bei einem laminaren Strömungsverlauf in der Nase der Fall ist. Um diese Art der Atmung zu ermöglichen, wurde

eine Reizdauer von zwei Sekunden gewählt. Ein Relais sorgt für gleichbleibende Zeitdauer bei allen Applikationen und es zeigte sich, daß niedrigere Zeiten oft nicht ausreichen, der Versuchsperson richtige Geruchsempfindungen zu vermitteln, höhere Zeiten aber rufen sicher schon wieder eine gewisse Adaptation hervor.

Die Bestimmung der individuellen Riechschwelle, d.h. derjenigen Duftstoffkonzentration in der Atemluft, die bei der Versuchsperson eine erste Geruchsempfindung hervorruft, ist nötig, um für die folgende Messung der Adaptationszeit einen Bezugswert zu haben. Die Riechstoffkonzentration, an die sich der Geruchssinn der Versuchsperson adaptieren soll, bezieht sich also immer auf die individuelle Riechschwellenkonzentration und ist ein Vielfaches des hierfür gefundenen Wertes.

b. Bestimmung der Adaptationszeit

Bei der Messung der Adaptationszeit geht man von der Tatsache aus, daß der Geruchssinn die Eigenschaft besitzt, sich bis zum völligen Erliegen einer Geruchswahrnehmung zu adaptieren.

Mit kontinuierlicher Strömungsgeschwindigkeit wird eine Duftstoffkonzentration, die 50mal stärker ist als die individuelle Riechschwelle, verabreicht. Diesen Reiz appliziert man nun so lange, bis ein völliges Erlöschen der Geruchsempfindung eintritt. Der Geruchssinn hat sich jetzt an diesen Reiz adaptiert. Die Zeitspanne vom Eintreten des Reizes bis zum Aufhören der Empfindung wird als Adaptationszeit bezeichnet.

Natürlich soll auch bei diesen Versuchen die Atmung möglichst gleichmäßig verlaufen, so lange der Reiz einwirkt. Die Versuchsperson ist daher angehalten, durch die Nase einzuatmen und durch den geöffneten auszuatmen. Auftretende Schwankungen im Bezug auf Atemvolumen und Inspirationsdauer einzelner Atemzüge sind nicht von großer Bedeutung und kompensieren sich im Verlauf der Reizapplikation.

Werden höhere Riechstoffkonzentrationen als die oben-
genannte verwendet, so ändert sich damit natürlich auch
die Adaptationszeit, d.h. sie wird länger. Bei längerer
Versuchsdauer aber macht sich die abnehmende Aufmerksam-
keit und aktive Mitwirkung der Versuchsperson bemerkbar.
Dieser Umstand muß aber durchaus berücksichtigt werden,
denn geistige Verfassung und sinnliche Aufmerksamkeit ha-
ben keinen geringen Einfluß auf die Schwellenkonzentration
und auf die Adaptation des Geruchssinns (12).

Niedere Konzentrationen ergeben andererseits nur Wer-
te, die dicht nebeneinander liegen und demzufolge nicht
gut für die Auswertung der Ergebnisse geeignet sind.

Als Riechstoff wurde reines Azeton verwendet. Die In-
tensitätsschwelle für diesen Riechstoff ist nicht allzu
niedrig und die Geruchsempfindung wird von den Versuchs-
personen nicht als unangenehm empfunden. Die Bestimmung
des Riechstoffgehaltes der Riechlufte erfolgte nach dem
schon erwähnten Prinzip der Dampfsättigung. Als quanti-
tativer Wert wurde die Zahl der Riechstoffmoleküle, die
in 1 ml des Luftgemisches enthalten sind, angenommen.

VI. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

=====

1. Die wirksamen Stoffe im Tabakrauch

Vorangehen soll hier eine kurze Zusammenstellung und Betrachtung derjenigen Stoffe, die die Wirkung und Einflüsse des Rauchens auf den Geruchssinn ausmachen könnten.

Der Hauptbestandteil des Tabakrauches ist das Alkaloid Nikotin, ein starkes Gift, dessen tödliche Dosis etwa bei 50 mg liegt und das unter tonisch-klonischen Krämpfen und Atemlähmung zum Tode führt. Auf das Nervensystem hat das Nikotin - der Name stammt von dem französischen Gesandten "Nicot de Villemain", der die Tabakpflanze in Frankreich einführte - eine ausgesprochen biphasische Wirkung, indem kleine Dosen stimulierend auf die vegetativen Ganglien wirken, hohe Dosen dagegen in Form einer Dauerdepolarisierung als Ganglienblocker wirksam werden. Das Nikotin wird von der Schleimhaut des Respirationstraktes resorbiert und zwar ist die Menge des resorbierten Nikotins abhängig von der Verweildauer des Tabakrauches und auch von der Kontaktfläche des Rauches in der Nase.

Nikotin wird zum Teil unverändert durch die Niere ausgeschieden, der größte Teil wird jedoch in der Leber abgebaut. Allein durch das Rauchen die Letalitätsdosis aufzunehmen ist aber praktisch nicht möglich, denn in der dafür erforderlichen Zeit wird bereits wieder genügend Gift abgebaut.

Neben dem Nikotin sind jedoch noch andere Stoffe im Tabakrauch enthalten, die maßgeblich an der Reizung und der damit verbundenen Sensibilitätsveränderung des Geruchssinns beteiligt sind. Dies sind reizende Gase und Dämpfe, vor allem Aldehyde im Zigarettenrauch und Ammoniak im Zigarrenrauch. Außerdem gehören hierzu das Kohlenmonoxyd und der Teer als kanzerogener Stoff. Alle diese Stoffe rufen durch ihre dauernde Einwirkung auf die

Nasenschleimhaut katarrhalische Erscheinungen und Zellveränderungen hervor (6). Die Nasenschleimhaut versucht also, sich an einen chronischen Reiz anzupassen, was aber sicher mit einer Veränderung der Empfindlichkeit des Geruchssinns einhergeht.

Erste Untersuchungen über Riechschwellenveränderungen bei Rauchern wurden von MIANI und BOTTAZZI (20) durchgeführt. Sie fanden, daß die Riechschwelle im direkten Verhältnis zum täglichen Rauchwarenkonsum ansteigt.

2. Die Riechschwellenveränderung

Bei der hier durchgeführten Bestimmung der individuellen Riechschwelle der Raucher ergibt sich ein ähnlicher

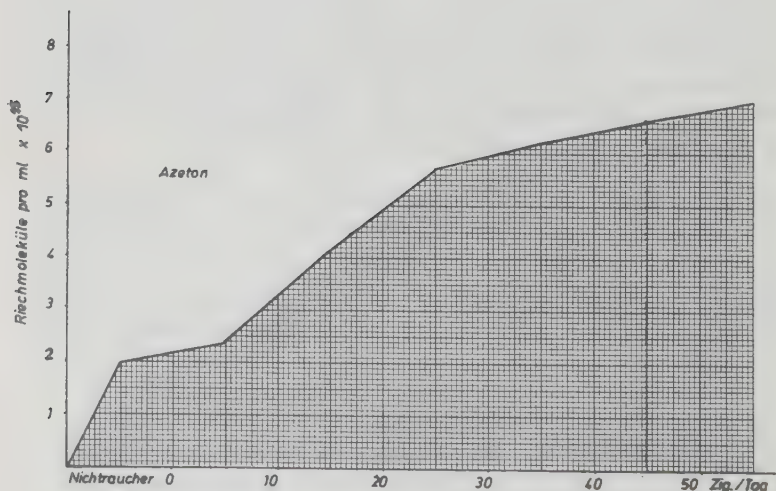


Abb. 6: Durchschnittswerte der Riechschwellenanstiege in Abhängigkeit vom täglichen Zigarettenkonsum

Befund, wie ihn MIANI und BOTTAZZI (20) bei ihren Untersuchungen 1959 fanden. Die Riechschwelle ist bei den Rauchern in direkter Abhängigkeit zum täglichen Tabakkonsum angehoben. Das entspricht bei extrem starken Rauchern einer dreimal so hohen Schwellenkonzentration, wie sie für die zum Vergleich herangezogenen Nichtraucher zum Auslösen einer Geruchsempfindung erforderlich ist (Abb.6). Mit anderen Worten heißt das, daß der Geruchssinn eines starken Rauchers gegenüber Umwelteinflüssen in entscheidendem Maße abgestumpft ist.

3. Die Adaptationszeit

Das eigentliche Ziel der Untersuchung ist jedoch die Messung der Adaptationszeit für eine bestimmte Riechkonzentration und die Abhängigkeit dieser Zeitdauer vom täglichen Zigaretten- oder Rauchwarenkonsum.

Entsprechend den Veränderungen der individuellen Riechschwelle findet sich auch bei der Bestimmung der Adaptationszeit eine deutliche Sensibilitätsveränderung am Geruchssinn der Raucher (Abb.7). Im Durchschnitt ist bei ihnen die Zeit bis zum völligen Erlöschen der Geruchsempfindung bedeutend kürzer als bei den Versuchspersonen, die nicht rauchen. Je mehr pro Tag geraucht wird, um so kürzer ist die Adaptationszeit für den dargebotenen Geruch, d.h. um so schneller hat sich das Geruchsorgan an den Reiz adaptiert und nimmt ihn nicht mehr wahr.

Als Grund für diese Minderung der Sensibilität des Sinnesorganes kommt die dauernde Einwirkung der Bestandteile des Rauches als Reiz in Betracht. Der chronische Kontakt der Sinneszellen mit den Verbrennungsgiften, Pyridinen und Kollidinen, des Tabakrauches bewirkt an den Rezeptorstellen schon eine geringere Reizempfindlichkeit, während das Nikotin vorzugsweise an den Synapsen der Leitungsbahnen angreift und hier blockierend auf die Reizübermittlung einwirkt. Hinzu kommt noch die fast regelmäßig zu beobachtende allgemeine Reizung der gesamten

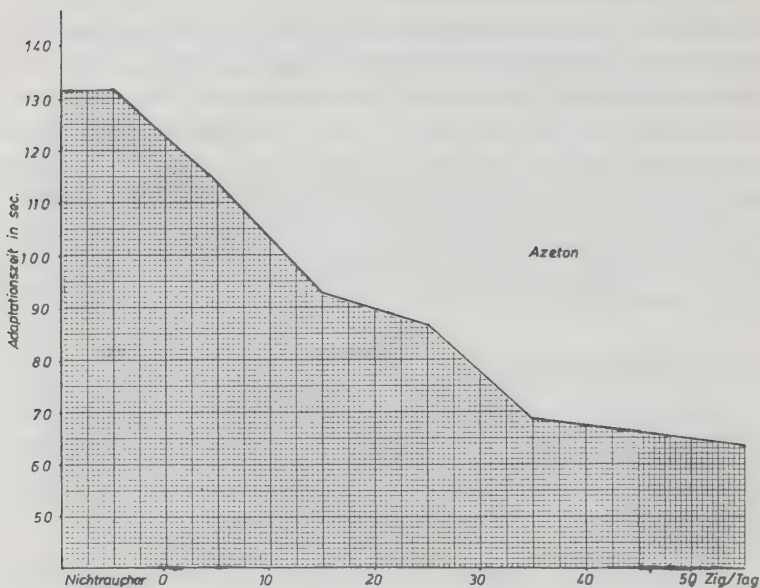


Abb. 7: Durchschnittliche Abnahme der Adaptationszeit in Abhängigkeit vom täglichen Zigarettenkonsum

Nasen- und Rachenschleimhaut - "Raucherkatarrh" - einschließlich des Riechepithels, wodurch auch von dieser Seite noch eine Empfindlichkeitsminderung zu verzeichnen ist. Außerdem könnte die Einwirkung von Kohlenmonoxyd zu einer Hypoxydose und einer damit verbundenen Leistungsschwäche der Zellen führen.

Eine relativ geringe Bedeutung hat die Art des Rauchens, d.h. die Gewohnheit der Raucher, den Tabakrauch durch den Mund oder die Nase auszuatmen. Es ist allerdings möglich, daß die Riechschwelle eines Menschen, der beim Rauchen ausschließlich die nasale Expiration praktiziert, höher ist als der Durchschnitt, denn hier liegt ja auch eine wesentlich größere Wirkung auf das Riechepithel vor.

Weiterhin besteht eine Abhängigkeit der Sensibilitätsänderung von eventuellen pathologischen Veränderungen des Naseninnern und damit verbundener respiratorischer Hyp- oder Anosmie, da die Reizung des Geruchsorganes abhängig ist von dem an die regio olfactoria herangetragenen Luftstrom, in diesem Fall also von der Menge an Tabakrauch, der durch die Nase expiriert wird.

Aus der Darstellung der Adaptationszeit ergibt sich, daß ein starker Raucher nur etwa die Hälfte der Zeit benötigt, die ein Nichtraucher braucht, um sich an einen Geruch völlig zu adaptieren. Diese verkürzte Adaptationszeit bedeutet auch eine wesentlich verminderte Differenzierungsfähigkeit für verschiedene Gerüche, da die Zeit der Geruchsempfindung herabgesetzt ist. Hinzu kommt noch, daß auch die Riechschwelle, also der Moment der ersten Geruchsempfindung, bei Rauchern nicht unbeträchtlich erhöht ist. Es ist also das gesamte Sinnesorgan "Nase" mit seinen großartigen Fähigkeiten durch das Rauchen stark beeinträchtigt.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

=====

Bei der vorliegenden Arbeit sollten erstmals olfactometrische Messungen mit einem Gerät durchgeführt werden, das bei geringem technischen und materiellen Aufwand und einfacher Bedienung brauchbare und genaue Meßergebnisse liefert. Hierfür bot sich das Prinzip von STUIVER als das geeignetste an. Einige Änderungen erschienen zweckmäßig.

Das Thema ist bei dem heute ständig steigenden Rauchwarenkonsum besonders aktuell und es sollte gezeigt werden, daß das Rauchen neben den bereits bekannten, gesundheitsschädigenden Einflüssen auch leistungsmindernde Einwirkungen auf das Geruchsorgan hat.

Bislang ist für den Geruchssinn, im Gegensatz zu den meisten anderen menschlichen Sinnesorganen, der adäquate Reiz unbekannt. Daher beschränken sich die Untersuchungen auf vergleichende Messungen ohne absolute Zahlenangaben. Da jedoch immer unter gleichen Bedingungen gearbeitet wurde, geben die Ergebnisse ein anschauliches Bild vom nachteiligen Einfluß des Tabakrauches auf den menschlichen Geruchssinn.

Der Genuß des Tabakrauchens vermag zwar dem Menschen angenehme Empfindungen zu vermitteln, doch mindert er andererseits die Sensibilität des olfactiven Sinnesorgans erheblich. Seine Bedeutung aber wird heute nicht mehr so gering eingeschätzt wie dies noch SCHOPENHAUER und KANT (27) taten, wenn von ihnen der Geruchssinn, zusammen mit dem Geschmack, als der "unedelste" Sinn des Menschen bezeichnet wurde.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

=====

- (1) ADRIAN, E.D. : "Olfactory adaptation"
Journ. of Physiol. 112, 38 (1950)
- (2) AMOORE, J.E., JOHNSTON, J.W. jr. and RUBIN, M. :
"The stereochemical theory of odor"
Scient. Americ. 210, 42 - 49 (1964)
Genehmigter Nachdruck in deutscher
Übersetzung von Prof. Dr. NERDEL
Umschau 19, 600 - 604 (1964)
- (3) BEHNKE, A.R. : "Introduction to Basic Odor Research
Correlation"
Ann. New York Acad. Scient. Vol. 58,
52 - 57 (1954)
- (4) BOCCA, E. and BATTISTON, N. : "Odor perception and
environment conditions"
Acta oto-laryng. 57, 391 - 400 (1964)
- (5) BOCCUZZI, V. : "Fenomeni di senescenza nell' olfatto"
Boll. Mal. Orecch. 80, 654 - 665
(1962)
- (6) BURIAN, K. : "Experimentelle Untersuchungen über
die Adaptationsfähigkeit der Nasen-
schleimhaut"
Acta oto-laryng. 50, 205 - 212 (1959)
- (7) DUCUING, L. et CALVET, J. : "L'etat actuel du prob-
lème de l'olfaction"
Journ. Franc. oto-rhino-laryng. 12,
385 - 501 (1963)
Ref. (GÜTTICH) in ZB - HNO 80, 292
(1964)
- (8) ELSBERG, Ch.A. : "The sense of smell VIII - Olfac-
tory fatigue"
Bull. Neur. Inst. New York 4, 479 -
495 (1935)
- (9) ELSBERG, Ch.A., LEVY, J. and BREWER, E.D. : "The
trigeminal effects of odorous sub-
stances"
Bull. Neur. Inst. New York 4, 270 -
285 (1935)
- (10) ENDRESS, H.G. : "Über den Geruchssinn des Menschen
und seine Leistungen"
Inaug. Diss. Erlangen (1965)
- (11) FORSTER, D., SCOFIELD, E.H. and DALLENBACH, K.M. :
Amer. J. Psychol. 63, 431 (1950)

- (12) HENNING, H. : "Psychologische Studien am Geruchssinn"
Handb. d. biol. Arbeitsmethoden (1926)
- (13) HENNING, H. : "Der Geruch"
Joh. Ambr. Barth, Leipzig (1916, 1924)
- (14) HOFMANN, F.B. und KOHLRAUSCH, A. : "Bestimmung von Geruchsschwellen"
Bioch. Zeitschr. 156, 287 - 294 (1925)
- (15) ICHIHARA, F. : "On the senile Olfactory sense"
Journ. oto-rhino-laryng. Soc. Jap. 66
1146 - 1155 (1963)
- (16) KEIDEL, W.D. : "Physiologie des Innenohres"
im Handbuch der HNO-Krankheiten III
(1964)
- (17) LUCRETIUS, Titus Carus : "De rerum natura" / Welt aus Atomen
Artemis verlag Zürich (1956)
- (18) MASING, H. : "Die Luftströmung in der Nase und ihre Bedeutung für die Rhinoplastik"
Habil. Diss. Erlangen (1966)
- (19) MEGIGHIAN, D. : "Variazioni della soglia olfattiva nell 'eta senile"
Minerva oto-rhino-laryng. Torino 8,
331 - 337 (1958)
- (20) MIANI, D. e BOTTAZZI, D. : "Reporti olfattometrici nei fumatori"
oto-laryng. Italien 28, 437 - 458
(1959)
- (21) MONCRIEFF, W. : "Was unterscheidet den Geruch einer Substanz" und "Die Charakterisierung und Messung von Gerüchen"
Umschau in Wiss. und Techn. 50, 176
+ 239 (1950)
- (22) NEUHAUS, W. : "Über die Riechschärfe des Hundes für Fettsäuren"
Zschr. vergl. Physiol. 35, 527 - 552
(1953)
- (23) OTTOSON, D. : "Analyse der elektrischen Aktivität des Riechepithels"
Acta Physiol. Scand. Stockholm 35,
Suppl. 122, 1 - 83. (1956)
- (24) PASSY, L. : "Sur les minimums perceptibles de quelques odeurs"
Compt. rend. de la Soc. de Biol. 114,
306, 786, 1140 (1892)

- (25) PASSY, L. : "Revue générale sur les sensations olfactives"
Année psychol. 2, 363 - 410 (1896)
- (26) SCHNEIDER, R.A. and WOLF, S. : "Relation of olfactory acuity to nasal membran functions"
Journ. appl. Physiol. 15, 914 -920 (1960)
- (27) SCHOPENHAUER, A. : "Die Welt als Wille und Vorstellung"
- (28) SKRAMLIK, E.von : "Die physiologische Charakteristik von riechenden Stoffen"
Naturw. 12, 813 - 824 (1924)
- (29) STUIVER, M. : "Biophysics of the sense of smell"
Inaug. Diss. Groningen (1958)
- (30) VASCHIDE, N. : "Recherches expérimentales sur la fatigue olfactive"
Journ. de l'Anatomie et de la Physiol. 38, 85 - 103 (1902)
- (31) ZILSTORFF-PEDERSEN, K. : "Determinations and variations of olfactory thresholds"
Arch. oto-laryng. Chiago 79, 412 - 417 (1964)
- (32) ZWAARDEMAKER, H. : "Physiologie der Nase und ihrer Nebenhöhlen"
im Handbuch der HNO-Heilkunde I,
439 - 484 (1925)

Ich bedanke mich bei Herrn Priv.Doiz.Dr.med G. Kittel, Oberarzt der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohren-Krankheiten der Universität Erlangen-Nürnberg, für die Stellung des Themas und für fördernde Hinweise während der Anfertigung der Arbeit.

Des weiteren gilt mein Dank Herrn Prof.Dr.med. G. Theissing, Direktor der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohren-Krankheiten der Universität Erlangen-Nürnberg, für die Erlaubnis, die geschilderten Untersuchungen innerhalb der Klinik durchzuführen.

LEBENS LAUF

=====

Ich, Ekkehart Erich Otto, wurde am 2. Juli 1940 als erstes von drei Kindern des Arztes Dr.med. Erich Otto und seiner Ehefrau Dr.med. Ingeborg Otto, geb. Metzner, in München geboren.

Von 1946 - 1951 besuchte ich die Volksschule in Walchensee und anschließend bis 1959 das Humanistische Gymnasium in Garmisch-Partenkirchen, wo ich am 15. Juli 1959 die Reifeprüfung bestand.

Nach zweisemestrigem Studium des Bauwesens an der TH Aachen begann ich im Wintersemester 1960 an der Universität Köln mit dem Medizinstudium. Im Wintersemester 1961 wechselte ich an die Universität Erlangen-Nürnberg. Hier beendete ich am 31. Juli 1967 mein Studium mit dem Medizinischen Staatsexamen.

Offsetdruck - Fotodruck
Josef Hogl

8520 Erlangen, Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz,) Tel. 22990

Offsetdruck-Fotodruck

J. Hogl, 852 Erlangen, Hauptstr. 109, (Nähe Martin-Luther-Platz) Tel. 22990
